電流帰還型 ダイアモンドバッファ A 級 パワーアンプ　　取扱説明書

お願い

●本基板を安全に使用し、性能を十分に引き出すには、電子工作の深い知識と高い技術が必須です。
●必ず、この説明書をご理解いただいたうえで、ご利用下さいますようお願いします。
●本基板は、どのような環境においても、「必ず音質の向上を実感していただける」という性質のものではございません。
●正しい使い方をしないと、本基板やスピーカー、あるいはその他の電子機器の故障を招いたり、火災や怪我などの災害をまねく可能性があります。安全には十分にご配慮いただいた上で、ご利用下さい。

【概要】

入力段に電流帰還型のオペアンプ LT1252 を使用し、その出力をダイアモンドバッファを使ってスピーカーを駆動するパワーアンプです。

ダイヤモンドバッファの１段目は、2SA1015-Y/C1815-Y をパラレルに使用することによって、ノイズの低減と駆動力の向上を狙っています。出力段には STMicroelectronics 社の 2STA1695/C4468 を使用しています。データシートから読み取れるように、hfe-Ic 特性の直線性の良好さを感じる素直な音になっております。

ダイヤモンドバッファの１段目の負荷には抵抗を使用せず、定電流源とシリコンダイオードを用いることによって、ダイヤモンドバッファの入力インピーダンスを高くし、歪の低減を図っています。

アイドル電流は 500mA 程度で、シングルエンドで使用される場合は、1W(8Ω)までが A 級領域になります。BTL で使用される場合は、4W(8Ω)まで A 級領域になります。出力自体は、過電流防止回路が実装されているため、シングルエンドで使用される場合は 4W(8Ω)程度、BTL では 16W(8Ω)程度が上限となります。

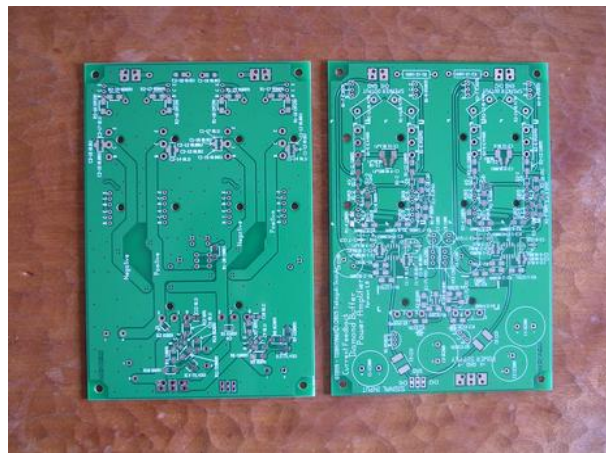
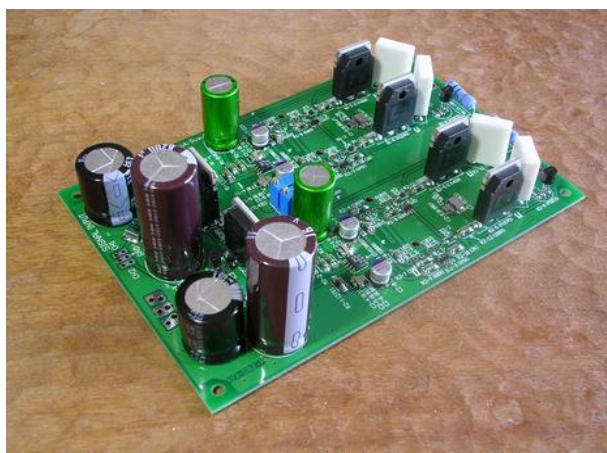
スピーカーへの出力端子の DC オフセットを調整する事によって、不快なポップ音を低減しております。また、使用中の DC ドリフト対策として、サーボ用のコンデンサも実装しており、ご安心して使用していただくことが出来ると考えています。

発振対策として以下の３点を施し、安定性に配慮をしております。

１）Zobel フィルタ（10Ω/0.01μF）
２）出力段トランジスタのコレクタのバイパスコンデンサの実装
３）ダイヤモンドバッファのトランジスタの熱結合

入力のカップリングコンデンサには PMLCAP22μF を、またバイパスコンデンサには ECPU、ECHU という高性能フィルムコンデンサを使用しております。

電流帰還型アンプの特性そのままに、広帯域・高スルーレートの伸びやかで美しいサウンドをお楽しみください。

基板サイズ　　：150mm x 100mm x 1.6mm
基板素材　　　：FR-4
銅箔　　　　　：70μm・両面（２層）
表面処理　　　：ハンダレベラー、グリーンレジスト
放熱器と基板を含めた高さ：約 60mm

【回路図】

　本パワーアンプの回路図です。増幅回路は１チャンネル分だけの記載となりますので、ステレオで使うためにはもう１回路必要になります。なお、この図ではシングルエンドでスピーカーを接続するようになっていますが、BTL で接続するには、２チャンネルの出力を、１つのスピーカーの HOT と COLD に繋いでください。非反転増幅になりますので、スピーカーの HOT に繋いだ回路の入力には DAC の HOT 出力を、スピーカーの COLD に繋いだ回路の入力には DAC の COLD 出力を接続して下さい。従いまして、BTL で使用される場合は４チャンネルの増幅回路と２つの電源回路を必要とします。

　電源回路は、１つで２チャンネルの増幅回路に供給するようにしております。

　なお、SP OUT CH1 の後にある回路は、アイソレーターとスピーカーですが、本基板には実装されておりません。しかしながら、パワーアンプを安定してご使用いただくために、アイソレーターは必須な回路です。必ず本基板を使われる場合は、アイソレーターをあわせてお使いくださいますよう、お願いします。

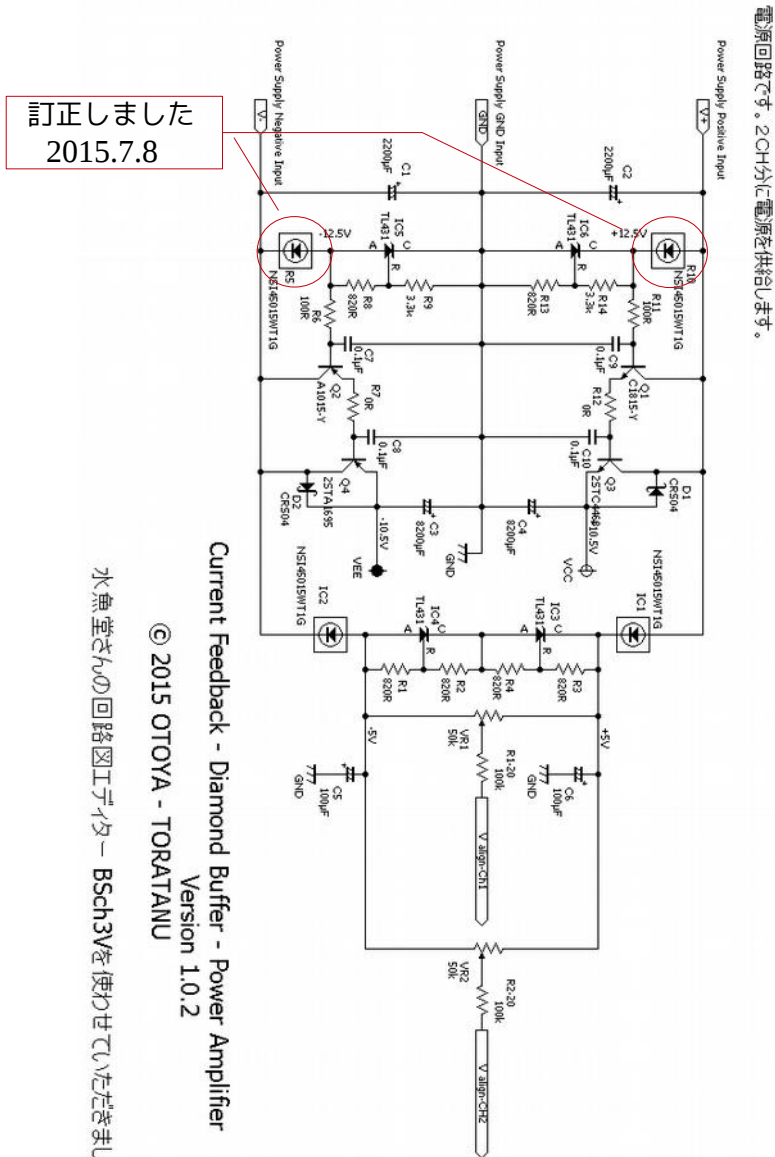



図１　電源回路図

増幅回路部分です。同じものがもう1CH必要になります。
Current Feedback - Diamond Buffer - Power Amplifier
Version 1.0.1
© 2015 OTOYA - TORATANU
水魚堂さんの回路図エディター BSch3Vを使わせていただきました
アイソレーター

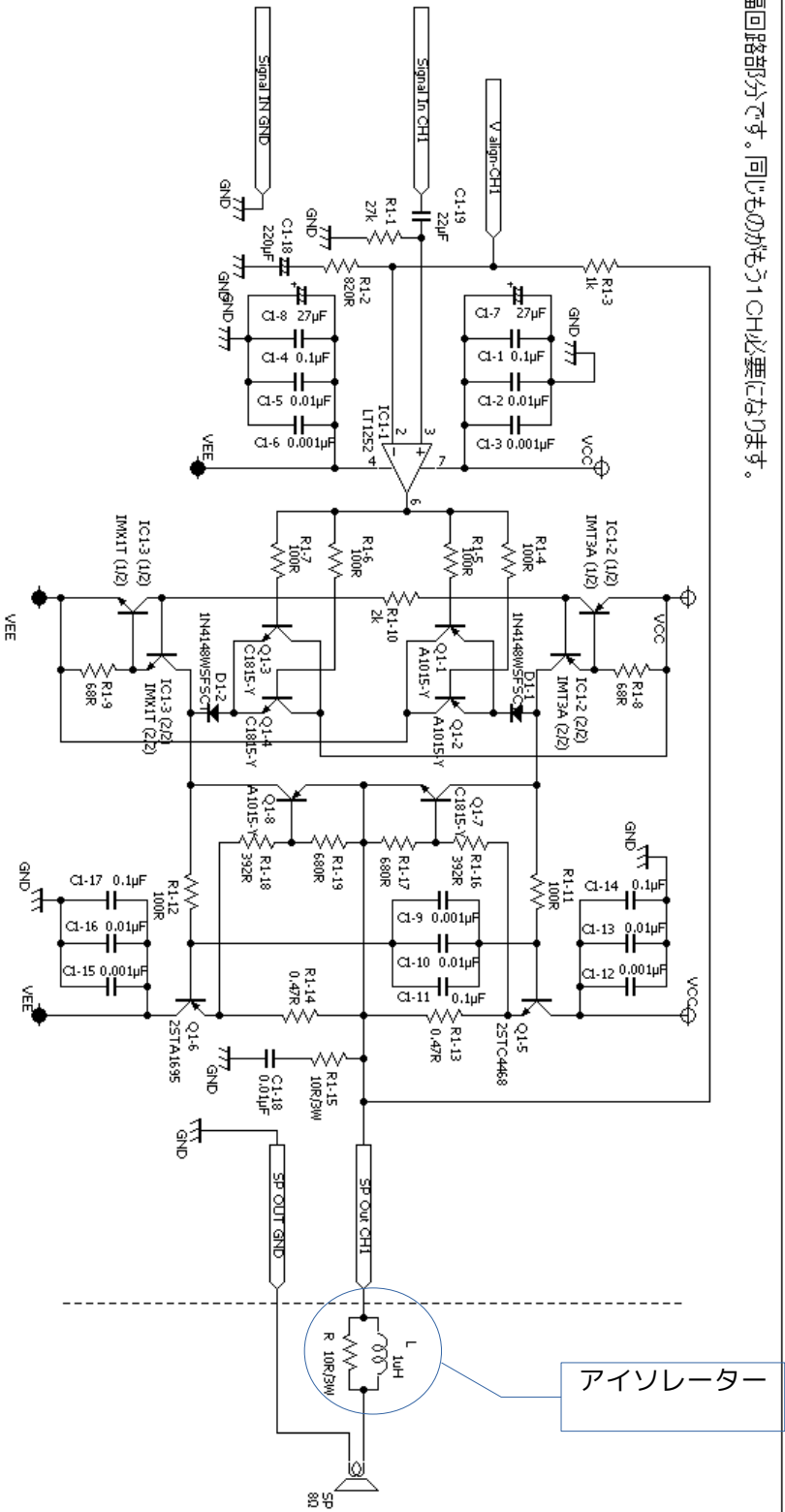



図２　増幅部回路図

ＢＴＬで使用する場合の接続図を示します。

Current Feedback - Diamond Buffer - Power Amplifier
Version 1.0.1

水魚堂さんの回路図エディター **BSch3V**を使わせていただきました

図２–１　ＢＴＬの接続方法

【使用部品】

回路図で使用している部品です。名称とプリント基板の欄にある部品の ID が赤字になっているのは、プリント基板上のシルク表示に不具合があるということです。完成基板に実装されている部品はこの表に従って取り付けております。シルク表示の不具合は次回以降で修正する予定です。

名称	プリント基板／回路図	個数	摘要
IC			
LT1252	IC1-1, IC2-1	2	電流帰還型オペアンプ
TL431	IC3, IC4, IC5, IC6	4	シャントレギュレーター
NSI45015WT1G	IC1, IC2, R5, R10	4	定電流IC（15mA）
IMT3A	IC-2-1, IC1-2	2	２素子入り PNPTr
IMX1T	IC1-3, IC2-3	2	２素子入り NPN Tr
Tr			
2SA1015-Y	Q1, Q1-1, Q1-2, Q2-1, Q2-2, Q1-7, Q2-7	7	小信号用 PNPTr
2SC1815-Y	Q2, Q1-3, Q1-4, Q2-3, Q2-4, Q1-8, Q2-8	7	小信号用 NPN Tr
2STA1695	Q1-6, Q2-6	2	出力段用 PNPTr
2STC4468	Q1-5, Q2-5	2	出力段用 NPN Tr
シリコン整流ダイオード			
1N4148WSFSCT	D1-1, D1-2, D2-1, D2-2	4	小信号用／一般用
ショットキーバリアダイオード			
CRS04	D1, D2	2	回復時間が小さい
電解コンデンサ			
2200µF / 35V	C1, C2	2	平滑コンデンサ
8200µF / 16V	C3, C4	2	平滑コンデンサ
220µF / 25V	C1-18, C2-18	2	DCサーボ用／両極性
100µF / 25V	C5, C6	2	平滑コンデンサ
27µF / 20V	C1-7, C1-8, C2-7, C2-8	4	低インピーダンス品
フィルムコンデンサ			
22µF / 16V	C1-19, C2-19	2	PMLCAP
0.1µF / 16V	C1-3, C2-3, C1-4, C2-4, C1-14, C1-17, C2-14, C2-17	8	ECPU
0.01µF / 50V	C1-2, C1-5, C2-2, C2-5, C1-10, C2-10, C1-13, C1-16, C2-13, C2-16	10	ECHU
0.001µF / 50V	C1-1, C1-6, C2-1, C2-6, C1-9, C2-9, C1-12, C1-15, C2-12, C2-15	10	ECHU
0.1µF / 50V	C1-11, C2-11	2	ECHU
セラミックコンデンサ			
0.1µF / 50V	C7, C8, C9, C10	4	X5R
チップ抵抗			
820Ω 1/4W	R1, R2, R3, R4, R8, R13, R1-2, R2-2	8	SMM2040（Vishay)
27kΩ 1/4W	R1-1, R2-1	2	SMM2040（Vishay)
1000Ω 1/4W	R1-3, R2-3	2	SMM2040（Vishay)
100Ω 1/4W	R6, R11, R1-4, R1-5, R1-6, R1-7, R2-4, R2-5, R2-6, R2-7, R1-11, R1-12, R2-11, R2-12	14	SMM2040（Vishay)
68Ω 1/4W	~~R5, R10~~, R1-8, R1-9, R2-8, R2-9	4	SMM2040（Vishay)
2000Ω 1/4W	R1-10, R2-10	2	SMM2040（Vishay)
100kΩ 1/4W	R1-20, R2-20	2	SMM2040（Vishay)
3300Ω 1/4W	R9, R11	2	SMM2040（Vishay)
0Ω	R7, R12	2	SMM2040（Vishay)
392Ω 1/4W	R1-16, R1-18, R2-16, R2-18	4	SMM2040（Vishay)
680Ω 1/4W	R1-17, R1-19, R2-17, R2-19	4	SMM2040（Vishay)
酸化金属皮膜抵抗			
10Ω 3W	R1-15, R2-15	2	
セメント抵抗			
0.47Ω 5W	R1-13, R1-14, R2-13, R2-14	4	MCP74
半固定抵抗			
50kΩ	VR1, VR2	2	多回転ポテンショメータ
放熱器			
17PB046-01025	出力段トランジスタ用	4	
15PB054-01050	電源部リップルフィルタトランジスタ用	1	
放熱シート			
TO3用		6	

表１　使用している部品

※緑字の部品を訂正しました。

【特性】

特性を測定する時の負荷として、特に断りがない場合は、抵抗性負荷として 8.2Ω セメント抵抗（無誘導タイプではありません）を、容量性負荷として 0.1μF/50V セラミックコンデンサを使用しております。

１）増幅率

シングルエンドで使用される場合の増幅率は 2.2 倍、利得は 6.9dB となります。
BTL で使用される場合は、増幅率が 4.4 倍、利得は 12.9dB となります。

２）周波数特性

２）周波数特性、及び３）矩形波応答の測定で使用している機材ですが、発振器としては AnalogDevices 社の DDS（プログラマブル波形発生器）AD9833 を使用して正弦波と矩形波を生成した後、THS3001（電流帰還型オペアンプ）を利用して HOT と COLD のバランス信号の生成と信号振幅の調整を行います。その出力を抵抗分圧にて適正な電圧にしてパワーアンプの入力に与えています。

正弦波の RMS 実効値と矩形波の波形は、オシロスコープ（DSO2250）を使って観測しております。

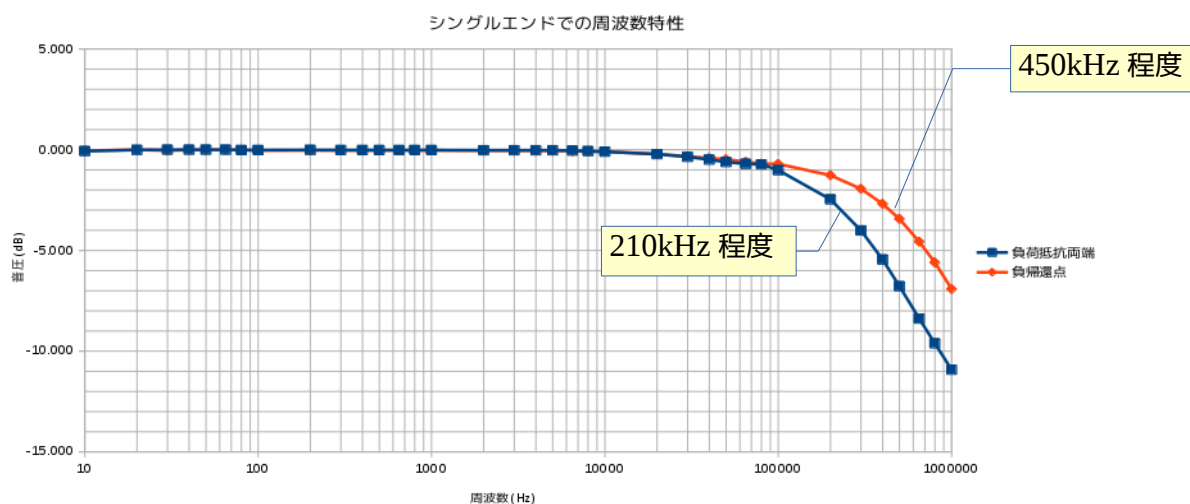



図３　シングルエンドでの周波数特性

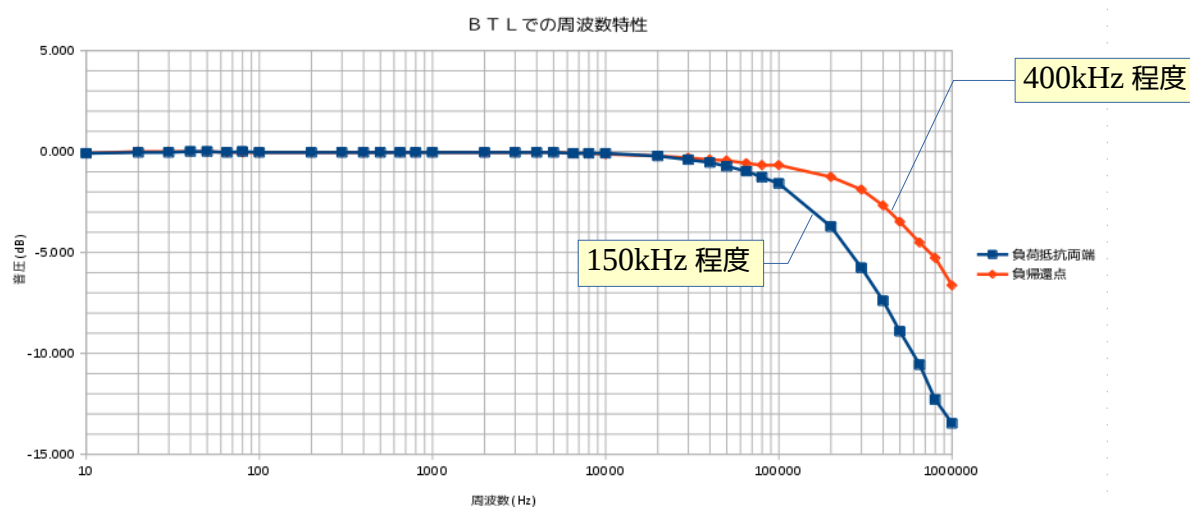



図４　BTL での周波数特性

シングルエンドでの周波数特性のほうが BTL に比べて帯域幅（-3dB）が広いのは、BTL ではスピーカーの HOT と COLD の両側に zobel フィルタとアイソレーターが入るのに対し、シングルエンドでは HOT 側だけになることが原因だと思います。いずれにせよ、この帯域の広い特性によって、周波数の高い領域で位相の変化が少なく、混変調の影響を受けないことが良好な音質に貢献していると考えています。

３）矩形波応答

このパワーアンプの安定性を示すデータとして、矩形波応答を示します。周波数 1kHz・10kHz の矩形波を入力し、パワーアンプの出力をオシロスコープで測定しています。回路図の項で示したように、このパワーアンプの基板上にはアイソレーターを実装しておりませんが、測定時にはアイソレーターをつけております。従いまして、応答波形としまして、パワーアンプ基板からみて、アイソレーターの外側になる負荷の両端での波形と、内側になる負帰還検出点での波形を測定しました。

パワーアンプの安定性とアイソレーターの効果をご確認ください。

なお、全ての測定結果は本文書に載せておりませんので、Web サイトでご確認ください。また、オシロスコープの画面キャプチャでは見づらいので、測定データを表計算ソフトでグラフ化しました。

特に問題が発生しやすい容量性負荷が含まれるケースについて説明します。シングルエンドと BTL の両方で、負荷の両端での波形は周波数に依存した多寡はありますが、リンギングが発生しています。しかし、基板上の負帰還検出点での波形は、十分に制動の効いた矩形波として出力されていますので、このパワーアンプの安定性に問題がないと判断しております。

①シングルエンド

・周波数 10kHz　抵抗と容量の並列負荷

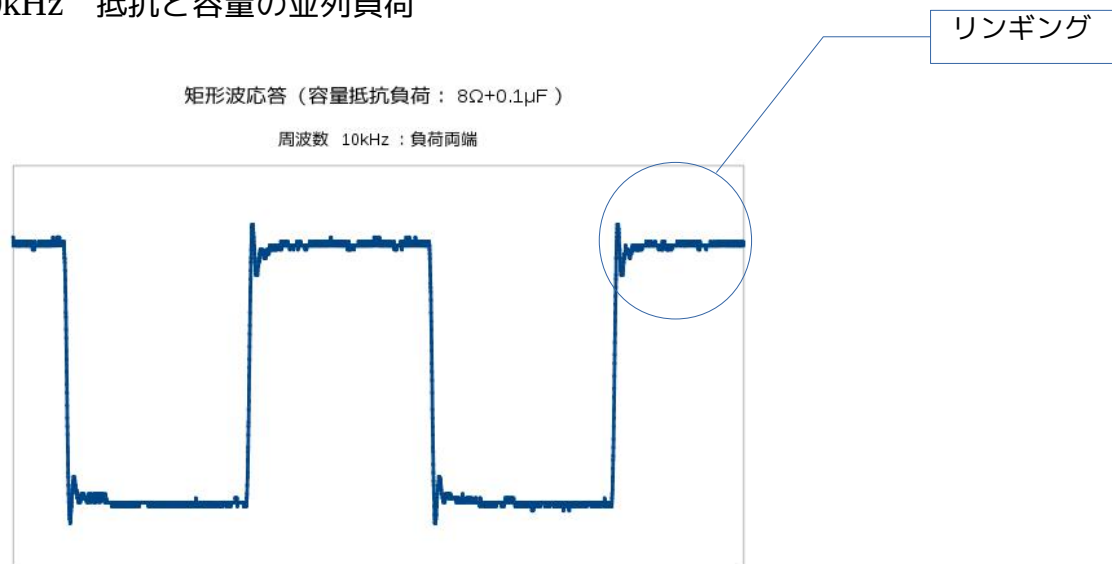



図５　負荷両端での測定（10kHz）

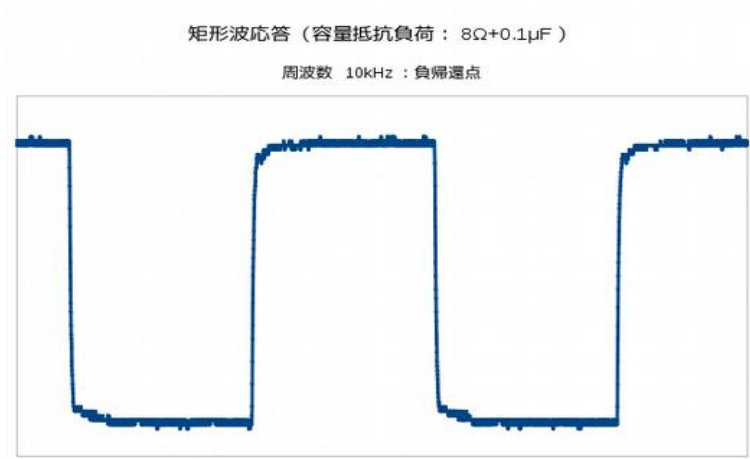



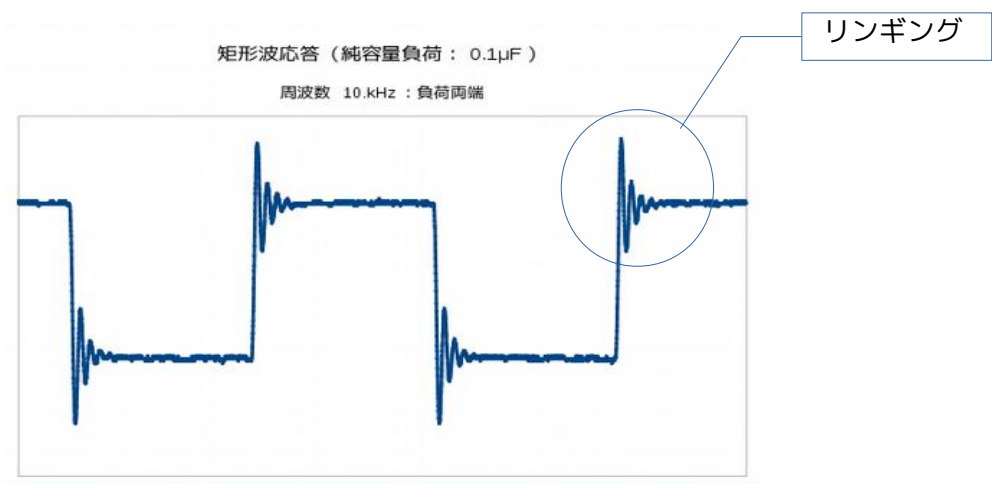
図６　負帰還検出点での測定（10kHz）

・周波数 10kHz　容量負荷

図７　負荷両端での測定（10kHz）

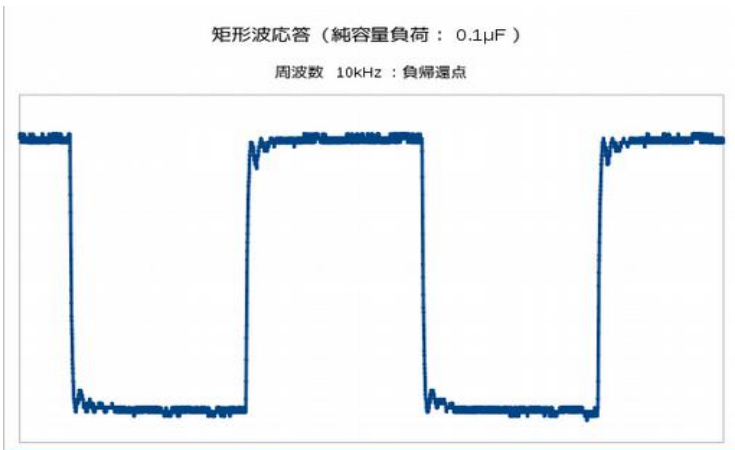



図８　負帰還検出点での測定（10kHz）

②BTL

・周波数 10kHz　抵抗と容量の並列負荷

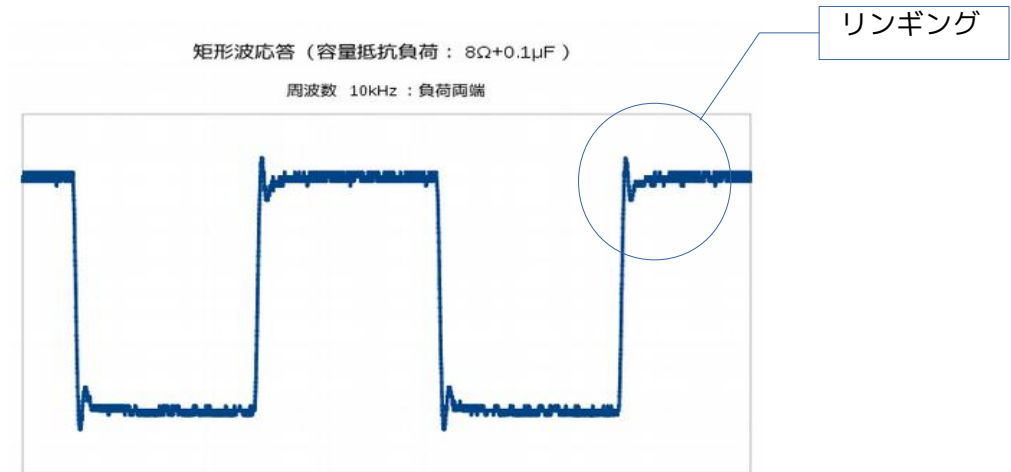



図９　負荷両端での測定（10kHz）

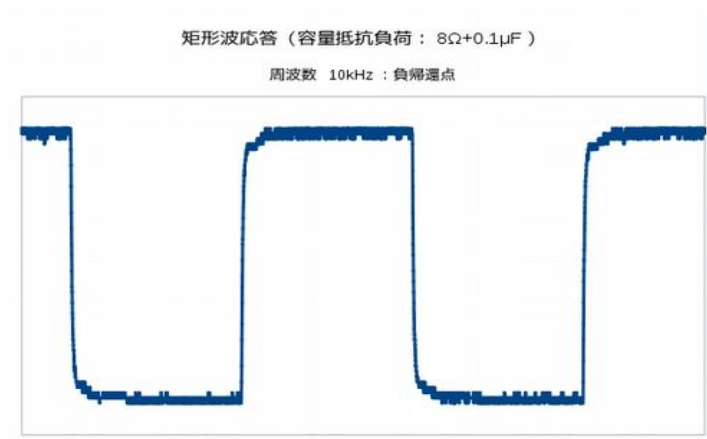



図１０　負帰還検出点での測定（10kHz）

・周波数 10kHz　容量負荷

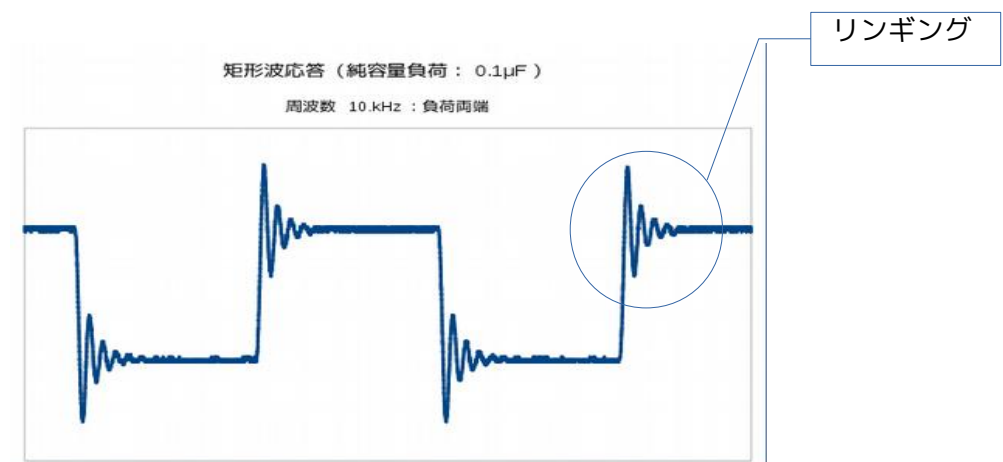



図１１　負荷両端での測定（10kHz）

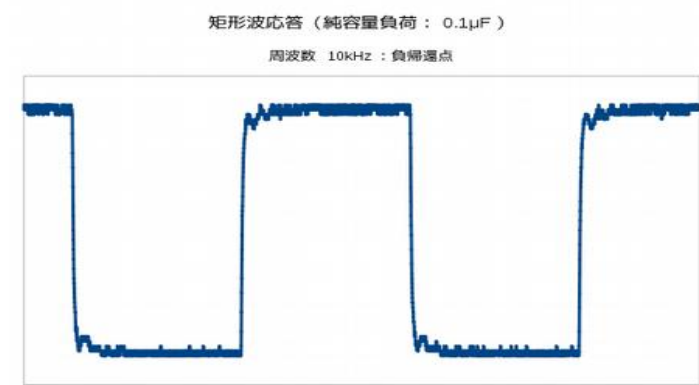



図１２　負帰還検出点での測定（10kHz）

４）歪率／雑音

　歪率と雑音歪率につきましては、発振器や測定装置の制限上、その値の絶対値の信頼性は高くありません。特に、測定装置が測定中に故障した可能性があり、シングルエンドのデータは測定し直す予定です。（時期は未定です）

　測定装置について説明します。

　発振器として、パーソナルコンピュータ（OS:Daphile）で 44.1kHz16bit の正弦波の WAV ファイルを 176.4kHz24bit にアップサンプリングして再生し、USB DDC （combo384）にてオーディオ信号に変換後、Digital Audio Signal Conditioner （LMK04805B）でジッターを除去します。それを DAC（WM8741）にてアナログ信号に変換し、抵抗分圧で振幅を調整した信号をパワーアンプに入力しています。

　測定器としまして、IC レコーダーの ZOOM H2 にて 96kHz、24bit、リニア PCM で録音し、その WAV ファイルをパーソナルコンピュータ（OS: : WindowsVista）で WaveSpectra にて解析しております。

　WaveSpectra で解析中に示される歪率と雑音歪率は常に変動していますので、目視で２０秒程度の間でもっとも低い値を記録しました。

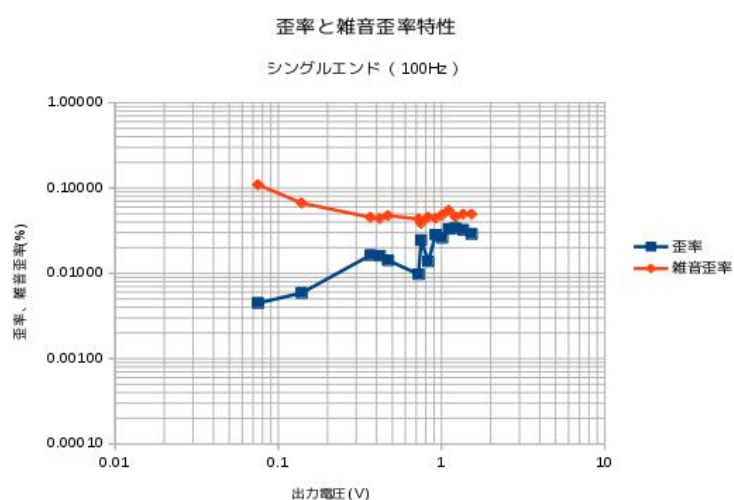



図１３　シングルエンド 100Hz での歪率と雑音歪率

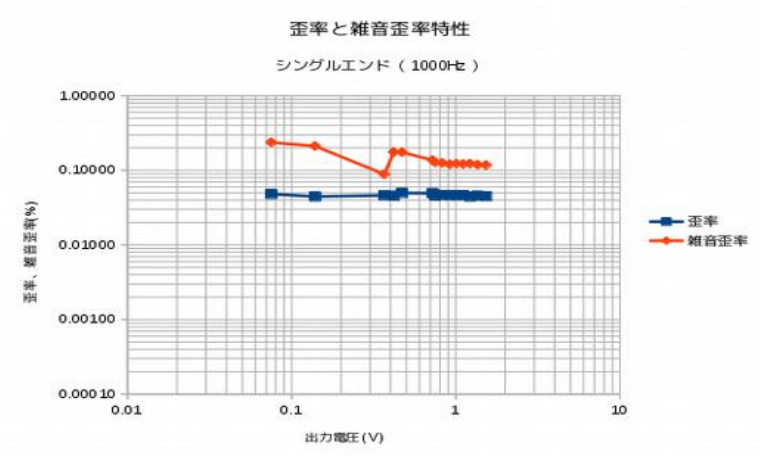



図１４　シングルエンド 1000Hz での歪率と雑音歪率

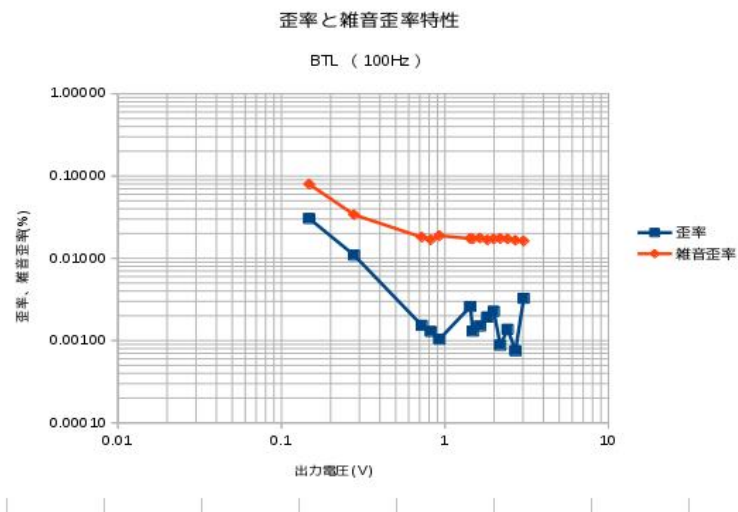



図１５　BTL100Hz での歪率と雑音歪率

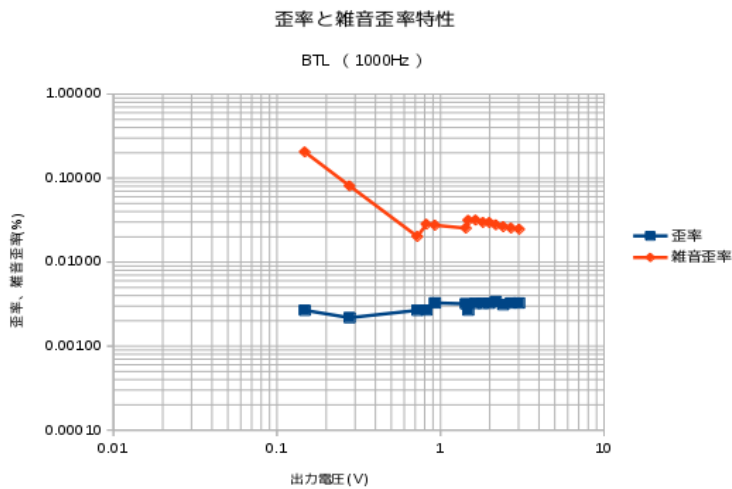



図１６　BTL1000Hz での歪率と雑音歪率

【ご使用方法】

１）電源

重要：絶対に交流(AC)電源をそのまま接続しないで下さい。必ず整流平滑後の直流(DC)電源を接続して下さい。また直流電源であっても、正負の電源を逆に接続することも絶対にしないでください。

本基板１枚で最大 4A 程度の電流が流れることがありますので、ご留意願います。

本基板内に正負の定電圧回路を実装しておりますので、ご使用される方には、ブリッジ整流回路と平滑コンデンサ、電源用変圧トランスをご用意願います。

電源用変圧トランスにはセンタータップ付きのものか、2 回路入りのものが必要です。最大 4A という基板の電流量に見合ったトランスをご用意下さい。

ブリッジ整流回路に使用するダイオードには逆電圧（耐圧）と順方向電流に十分に余裕のあるデバイスを選択して下さい。ショットキーバリアダイオードは高性能でありますが、一般的に大電流に耐えるものが少ないです。シリコンダイオードを含めて、使用されるダイオードのデータシートで、必要な性能があるかを必ず確認して下さい。

本基板では終段トランジスタに 2A 以上の電流が流れないように、電流制限回路が実装されております。1 枚の基板で 2 チャンネル分の回路がありますので、ダイオードには最低でも 4A が流せるものを選択して下さい。1 つのブリッジ整流回路で本基板 2 枚に電源を供給する場合は 8A 以上で、出来れば余裕をみて 10A 以上の電流を流せるダイオードを選択して下さい。

放熱設計では、周囲温度を 50℃・基板に与える平滑後の電圧を±13.5V〜±16.5V で計算しております。A 級領域だけに限定してご使用される場合は、電源電圧の上限を±20V まで上げることが出来ますが、定電圧回路のリップルフィルタに使用しているトランジスタの発熱量が多くなりますので、設計範囲内で低めの電圧にしていただくことで、安全性を向上させることが出来ます。設計範囲内で低めの電圧にしていただくことで、安全性を向上させることが出来ます。

なお、基板に実装している定電圧回路では、初段に使用しているオペアンプから出力段のトランジスタまでの全ての回路に、±10.5V の電圧を供給しております。

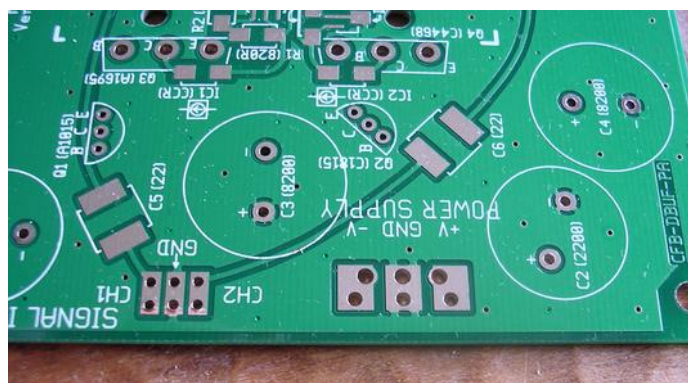



図１７　プリント基板の入力部

電源の入力端子は、図１７の POWER SUPPLY の部分です。コンデンサを実装すると隠れてしまう部分があって、(P)OWER SUPP(LY)とわかりにくくなりますので、お間違えの無いようにお願いします。+V に正の電圧を、-V に負の電圧を与えて下さい。GND は、ブリッジ整流回路のグランドに繋いで下さい。

２種類のピッチの穴を開けていますが、１つは 3.96mm ピッチで、もう１つは

5.08mm ピッチです。一般的な端子台や圧着端子の VH コネクタのいずれかを利用することが出来ます。

使用している放熱器の熱抵抗値（℃/W）

定電圧回路のリップルフィルタ用	：	5.6
出力段のトランジスタ用	：	11.9

２）入力信号

本基板の入力インピーダンスは 27kΩ です。

入力端子は、図１７の左側にあるパッドです。BTL で使用しやすいように、CH1 と CH2 を隣接するようにデザインしました。図では切れてしまっていますが、「SINGAL INPUT」となっています。CH1、CH2 にアナログオーディオ信号を、GND にはグランドを接続して下さい。なお、BTL で使用される場合は、本基板を２枚使用しますので、グランド線がループしないようにご注意下さい。本基板２枚を共通の整流回路で駆動する場合、その時点で基板同士のグランドがつながっていますので、それにアッテネーター（DAC）からのグランドを両方の基板に繋いでしまうとグランドのループが完成してしまいます。ノイズの原因になりますので、アッテネーター（DAC）からのグランドは、片側だけに接続するようにして下さい。

このパッドは 2.54mm ピッチです。２列 x ３ P のヘッダーピンなどが利用できます。

３）出力信号

接続できるスピーカーは 8Ω です。安全性や特性の試験は全て 8Ω のスピーカーやダミー抵抗を使って行っています。6Ω・4Ω という低インピーダンスのスピーカーをつなぐと、流れる電流が多くなり、発熱量が増加します。止むを得ず低インピーダンスのスピーカーをつなぐ場合は、必ず小音量から始めていただき、放熱器の温度をモニターしながら、ご使用者自身で安全性を十分に確認した上でご使用下さい。低インピーダンスのスピーカーをつないで起こるいかなる損害に対してもその責を負いません。

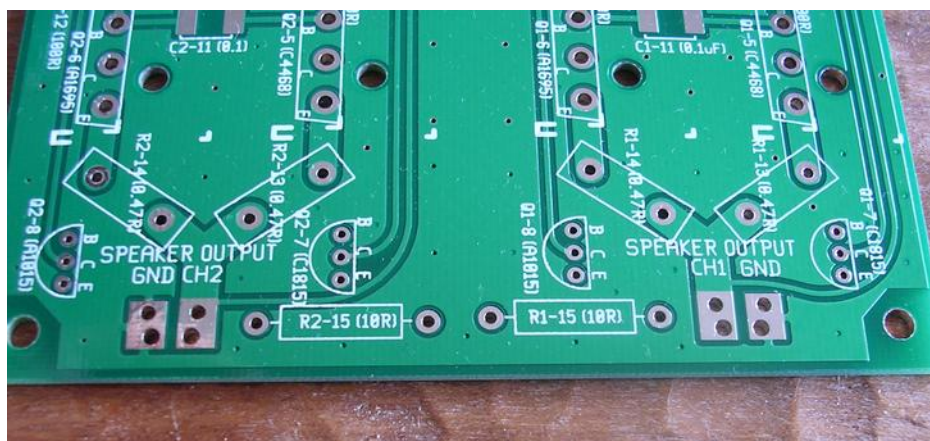



図１８　プリント基板の出力部

図１８の「SPEAKER OUTPUT」のパッドが出力です。シングルエンドで使用される場合は GND にスピーカーの COLD を接続して下さい。BTL で使用される場合は GND は使用する必要がありません。なお、CH1 と CH2 ではパッドの左右の構成が違いますので、お間違えの無いようにお願いします。BTL の場合は、例えば DAC の片側のチャンネルの HOT を SIGNAL INPUT の CH1 に接続したなら、スピーカーの HOT を CH1 に接続して下さい。DAC の COLD を CH2 に接続したら、スピーカーの COLD を CH2 に接続して下さい。このパッドにも 3.96mm ピッチと 5.08 ピッチの穴があり、端子台や VH コネクタを利用することが出来ます。

４）アイソレーター

安定性向上（発振防止）のために必ず本基板の出力端子（Signal Out）とスピーカーの間にアイソレーターを取り付けて下さい。

アイソレーターとは、コイルと抵抗を並列に接続したもので、それを信号路に挿入していただく必要があります。

コイルは空芯コイルで 1μH 程度、抵抗は酸化金属皮膜抵抗で 10Ω 程度が適切です。図２をご参照下さい。

アイソレーターが必要な理由：パワーアンプの負荷はスピーカーになりますが、スピーカーにも様々なタイプがあり、スピーカーネットワークやケーブルによっては、抵抗性や誘導性の負荷だけとしてではなく、容量性（コンデンサ的な）の負荷としても働く場合があります。アイソレーターを付けずに容量性の負荷を接続した場合、条件によってはパワーアンプが発振することがあります。発振してしまうと、パワーアンプ自体が故障するばかりでなく、スピーカーやスピーカーネットワークを破壊してしまいます。大切なスピーカーを保護するためにも、必ずアイソレーターは接続して下さい。

５）DC オフセット調整

入力端子をグランドに接続するかアッテネーター（ボリューム）を最小にしてから、出力端子とグランドの間の電圧をモニターしながら、多回転式のポテンショメータ（半固定抵抗）を回転させて調整します。

完成品は出荷時に調整しておりますので、お客様が変更する必要はないと思いますが、電源を入れた時のポップ音が気になるようでしたら、再度調整をおねがいします。入力端子をグランドに接続し、出力端子を開放（何も接続しないで）にします。その時のグランドー出力端子間の電圧を測定します。CH1 の調整は VR1 を、CH2 の調整は VR2 をマイナスドライバーで回転させて 0V になるように調整します。完全に 0V にならなくても、±1mV 以内であれば問題はありません。

シングルエンドでのご使用の場合は、以上で調整は終わりですが、BTL でご使用される場合は、右と左のそれぞれのチャンネルで HOT 側と COLD 側の間の電圧差も出来るだけ 0V に近づけるように調整して下さい。

５）その他の保護回路

可能なかぎり、リレーや DC オフセットが発生した時の出力カット回路など、必要な保護回路を接続して下さい。

【保証規定】

部品の実装に関しましては手作業で行っており、放熱器の加工（ネジ穴の作成）も自前ですので、全製品に対して、完成後に機能試験をして正常動作を確認してから発送しております。

このような製造体制でありますので、保証期間は商品到着後、２週間とさせていただきます。到着後、お早めに機能のご確認をお願います。正しい使い方をされても正常に動作しない場合は、修理が可能であれば修理で、修理が不可能であればご返金で対応させていただきます。

ハンダ付けなど、お見苦しいところがあると思います。また、機能確認時にクリップなどでパッドを挟んでおりますので、周囲のグリーンレジストを含め多少の傷がありますが、どうぞご容赦願います。

正常動作を確認するまでは、こちらから発送に使用しました箱と緩衝材をとっておいて下さい。

＊　動作不良の場合の取り扱いについて

申し訳ありませんが、まず購入者様のご負担で返送していただき、こちらで基板が不良品であることを確認した後で、修理可能であれば修理とテストが完了後に送らせていただきます。ご負担いただいた返送料を購入者様の口座に振り込ませていただきます。

修理不可能と判断した場合は、ご負担いただいた返送料・商品代金・送料を購入者様の口座に振り込ませていただきます。

こちらでは正常に動作する場合は、ご返金はできかねますので、ご了承下さい。また、着払いでご返送いただいても、受け取れませんのでよろしくお願いします。

【最後に】

この電流帰還型ダイヤモンドバッファ A 級パワーアンプ基板が、お客様に今以上の豊かな音楽ライフを楽しんで頂くための一助となることを願っております。